

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
8. April 2004 (08.04.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/029484 A2(51) Internationale Patentklassifikation⁷: F16H 61/04,
B60K 41/08

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/009645

(22) Internationales Anmeldedatum:
30. August 2003 (30.08.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102 43 495.6 19. September 2002 (19.09.2002) DE(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): DAIMLERCHRYSLER AG [DE/DE]; Epplestrasse
225, 70567 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): GUGGOLZ, Manfred
[DE/DE]; Robert-Bosch-Strasse 24, 71277 Rutesheim
(DE). HILLENBRAND, Werner [DE/DE]; In der
Wasserstube 23, 72639 Neuffen (DE). VEIT, Markus
[DE/DE]; Nelkenstrasse 33/1, 72124 Pliezhausen (DE).(74) Anwälte: KOCHER, Klaus-Peter usw.; DaimlerChrysler
AG, Intellectual Property Management, IPM-C106, 70546
Stuttgart (DE).

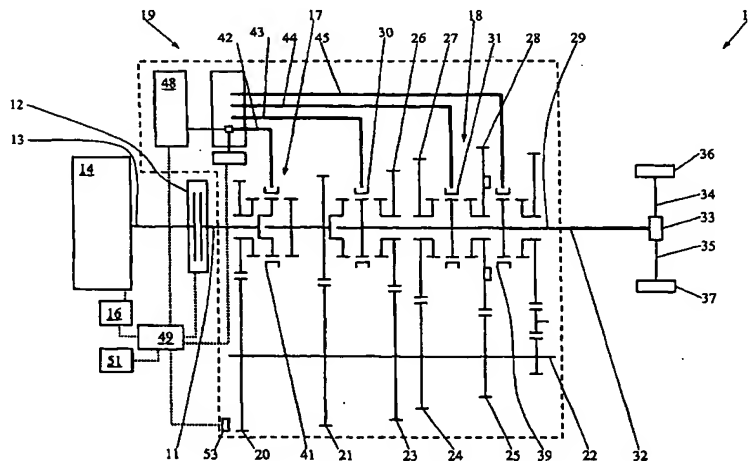
(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR OPERATING A DRIVE TRAIN OF A MOTOR VEHICLE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES ANTRIEBSSTRANGS EINES KRAFTFAHRZEUGS



(57) Abstract: The invention relates to a method for operating a drive train comprising a driving engine and an automatic gear transmission. It is advantageous to precalculate the development of the rotational speed of the driving engine in specific situations, e.g. during gear shifting of the transmission, wherefore prestored development-related parameters, e.g. in the form of gradient values, are corrected during requested changes of the rotational speed. In order to allow the precalculation to be particularly precise, the corrected gradient is determined according to a requested difference in the rotational speed. Alternatively, a corrected reaction time can be calculated along with a corrected gradient, and the precalculation can be done by means of said parameters. The reaction time is the result of the time difference between the triggering of a significant change of a state variable, e.g. a rotational speed, of the drive train. Changes in the rotational speed can be requested and the resulting gradients and/or reaction times can be stored if no prestored values are available.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft Verfahren zum Betrieb eines Antriebsstrangs mit einer Antriebsmaschine und einem automatisierten Zahnradwechselgetriebe. In ausgesuchten Situationen, beispielsweise bei einem Gangwechsel des Zahnradwechselgetriebes ist es vorteilhaft, den Verlauf der Drehzahl der Antriebsmaschine vorauszuberechnen. Zu

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

**Veröffentlicht:**

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

diesem Zweck werden vorgeschriebene Verlaufparameter, beispielsweise in Form von Gradientenwerten bei angeforderten Drehzahländerungen korrigiert. Um eine besonders genaue Vorausberechnung zu ermöglichen, wird der korrigierte Gradient in Abhängigkeit von einer angeforderten Drehzahldifferenz bestimmt. Alternativ dazu kann neben einem korrigierten Gradienten eine korrigierte Reaktionszeit berechnet und mittels dieser Grössen die Vorausberechnung durchgeführt werden. Die Reaktionszeit ergibt sich als Zeitdifferenz zwischen einer Ansteuerung einer signifikanten Änderung einer Zustandsgrösse, beispielsweise einer Drehzahl, des Antriebsstrangs. Falls keine vorgeschriebenen Werte vorliegen, können Drehzahländerungen angefordert und die sich ergebenden Gradienten und/oder Reaktionszeiten gespeichert werden.

Verfahren zum Betrieb eines
Antriebsstrangs eines Kraftfahrzeugs

Die Erfindung betrifft Verfahren zum Betrieb eines Antriebsstrangs eines Kraftfahrzeugs nach den Oberbegriffen der Ansprüche 1, 3 und 13.

In der EP 0 676 566 A1 ist ein Verfahren zum Betrieb eines Antriebsstrangs eines Kraftfahrzeugs mit einem automatisierten Getriebe beschrieben. Das Getriebe kann mittels einer Kupplung mit einer Antriebsmaschine in Form eines Verbrennungsmotors verbunden werden. Hochschaltungen des Getriebes werden bei geschlossener Kupplung durchgeführt und damit wird die während einer Synchronisationsphase notwendige Verzögerung einer Eingangswelle des Getriebes mittels des Verbrennungsmotors durchgeführt. Dabei wird während der Synchronisationsphase von einer Steuerungseinrichtung ein Verlaufsparemeter in Form eines Gradienten einer Drehzahl des Verbrennungsmotors bestimmt. Mittels des bestimmten Gradienten und einem vorgespeicherten Gradienten wird ein aktueller Gradient ermittelt, mittels welchem bei einer folgenden Hochschaltung ein Verlauf der Drehzahl des Verbrennungsmotors vorbestimmt wird.

Demgegenüber ist es die Aufgabe der Erfindung, eine besonders genaue Vorbestimmung des Verlaufs der Drehzahl der Antriebsmaschine bei einer angesteuerten Drehzahländerung zu ermöglichen.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Verfahren nach Anspruch 1 gelöst.

Ein Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs verfügt über eine Antriebsmaschine, beispielsweise in Form eines Verbrennungsmotors, und ein automatisiertes Zahnräderwechselgetriebe. Zwischen der Antriebsmaschine und dem automatisierten Zahnräderwechselgetriebe kann ein Anfahrrelement in Form einer Kupplung oder eines hydrodynamischen Drehmomentwandlers angeordnet sein. Die Kupplung kann beispielsweise als eine Reibungskupplung ausgeführt und von einem Stellglied oder von einem Fahrzeugführer betätigbar sein. Bei einem automatisierten Zahnräderwechselgetriebe sind Schaltelemente mittels Stellgliedern betätigbar. Das Zahnräderwechselgetriebe kann als ein synchronisiertes oder unsynchronisiertes Getriebe ausgeführt sein und kann auch über ein Vorschaltgetriebe, beispielsweise über eine Splitgruppe, verfügen.

Die Antriebsmaschine verfügt über Stellglieder, welche von einer Steuerungseinrichtung angesteuert werden. Beispielsweise kann die Steuerungseinrichtung eine Einspritzmenge eines Kraftstoffs, einen Zündzeitpunkt oder den Einsatz von sogenannten Motorbremsen, beispielsweise in Form einer Auspuffklappe oder einer Konstantdrossel, vorgeben.

Die Steuerungseinrichtung verarbeitet eine Drehzahl der Antriebsmaschine, welche sie mittels eines Drehzahlsensors erfaßt oder ihr von einer weiteren Steuerungseinrichtung zugeführt wird. Daneben kann auch eine Drehzahl verarbeitet werden, welche sich aus der Drehzahl der Antriebsmaschine ergibt. Beispielsweise kann die Drehzahl einer Getriebeingangswelle, welche beispielsweise mittels der Kupplung mit der Antriebsmaschine koppelbar ist, verarbeitet werden. Bei Vorliegen einer Anforderung einer Drehzahländerung der Antriebsmaschine von einer Start- auf eine Zieldrehzahl steuert die Steuerungseinrichtung die Stellglieder so an, daß die Zieldrehzahl eingestellt wird. Die Zieldrehzahl kann während der Änderung gleich bleiben oder sich ändern. Beispielsweise bei einer Schaltung von einem Ursprungsgang in einen Zielgang des Zahnräderwechselgetriebes mit geschlossener Kupplung muß

die Drehzahl der Antriebsmaschine während einer Synchronisationsphase auf eine Synchrondrehzahl des Zielgangs eingestellt werden. Die Synchrondrehzahl des Zielgangs ist dabei proportional zu einer Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs. Ändert sich während der Synchronisationsphase die Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs, so ändert sich auch die Synchrondrehzahl des Zielgangs und damit die Zieldrehzahl der Drehzahländerung.

Bei einer angesteuerten Drehzahländerung der Antriebsmaschine während einer Neutralstellung des Zahnräderwechselgetriebes, also wenn kein Gang eingelegt ist oder während die Kupplung geöffnet ist, werden aktuelle Verlaufsparemeter, beispielsweise in Form eines Gradienten, der Drehzahländerung ermittelt. Damit besteht während der Ermittlung keine Verbindung zwischen der Eingangs- und einer Ausgangswelle des Zahnräderwechselgetriebes.

Anschließend werden mit vorgespeicherten Verlaufsparemetern und den aktuellen Verlaufsparemetern korrigierte Verlaufsparemeter ermittelt. Die vorgespeicherten Verlaufsparemetern sind dabei in der Steuerungseinrichtung der Antriebsmaschine oder in einer anderen Steuerungseinrichtung abgespeichert. Diese Werte können fest gespeichert oder auch veränderlich sein. Mittels der korrigierten Verlaufsparemeter wird in ausgesuchten Betriebszuständen, beispielsweise bei einer Schaltung des Zahnräderwechselgetriebes, der Verlauf der Drehzahl der Antriebsmaschine vorbestimmt.

Die Bestimmung der aktuellen und korrigierten Verlaufsparemeter kann dabei von der Steuerungseinrichtung der Antriebsmaschine oder von einer weiteren Steuerungseinrichtung, beispielsweise des Zahnräderwechselgetriebes, durchgeführt werden. Es ist auch möglich, daß die aktuellen Verlaufsparemeter von einer Steuerungseinrichtung, beispielsweise der Antriebsmaschine, und die korrigierten Verlaufsparemeter von einer anderen

Steuerungseinrichtung, beispielsweise des Zahnräderwechselgetriebes, bestimmt werden.

Verlaufsparemeter der Drehzahländerung können beispielsweise ein Gradient der Drehzahländerung zwischen der Start- und der Zieldrehzahl, mehrere Gradienten für aufeinanderfolgende Abschnitte der Drehzahländerung oder Parameter einer an sich bekannten Spline-Approximation sein.

Ein Gradient der Drehzahländerung wird beispielsweise ermittelt, indem die Drehzahl zu verschiedenen Zeitpunkten gemessen und mit den sich aus den gemessenen Drehzahlen ergebenden Drehzahldifferenzen und den Zeitabständen zwischen den Messungen der Gradient ermittelt wird. Darüber hinaus können weitere, dem Fachmann bekannte Verfahren zur Ermittlung von Gradienten angewandt werden.

Es können während der Drehzahländerung mehrere Gradienten-zwischenwerte für aufeinanderfolgende Abschnitte berechnet. Mit Hilfe einer Mittelung der Gradientenzwischenwerte kann der aktuelle Gradient bestimmt werden. Bei der Mittelung können alle Gradientenzwischenwerte gleich oder auch unterschiedlich gewichtet werden. Alternativ kann der Gradient nur einmal bestimmt werden, beispielsweise zwischen zwei Drehzahlwerten die nahe an der Startdrehzahl beziehungsweise der Zieldrehzahl liegen. Damit bleiben Drehzahlschwankungen unberücksichtigt, die der angesteuerten Änderung überlagert sind.

Bei einer Vorausberechnung einer Drehzahländerung kann der Verlauf mittels mehrerer Geradenstücke mit verschiedenen Gradienten zusammengesetzt werden.

Die Parameter einer Spline-Approximation des Drehzahlverlaufs können in an sich bekannter Weise aus gemessenen Drehzahlwerten und den zugehörigen Zeitspannen bestimmt werden.

Die korrigierten Verlaufsparemeter werden in Abhängigkeit von der Start- und/oder Zieldrehzahl der Drehzahländerung bestimmt. Die Bestimmung kann dabei auch lediglich von der Differenz zwischen Start- und Zieldrehzahl abhängen.

Die Erfindung nutzt die Erkenntnis, daß der Gradient der Drehzahl während einer angesteuerten Drehzahländerung nicht konstant ist. Der Gradient ist unter anderem von der Drehzahl der Antriebsmaschine abhängig. Beispielsweise ergibt sich, wenn kein Kraftstoff eingespritzt wird, ein sogenanntes Motorschleppmoment, also ein negatives Drehmoment, das die Drehzahl der Antriebsmaschine verringert. Das Motorschleppmoment sinkt mit fallender Drehzahl der Antriebsmaschine ab. Damit wird der Betrag des Gradienten bei einer angesteuerten Drehzahlverminderung mit fallender Drehzahl der Antriebsmaschine geringer. Außerdem ist die Wirkung von Motorbremsen zur Verringerung der Drehzahl ebenfalls von der Drehzahl der Antriebsmaschine abhängig, beispielsweise ist die Bremswirkung einer Auspuffklappe bei hohen Drehzahlen deutlich größer als bei niedrigen Drehzahlen. Zusätzlich ergeben sich zwischen der Ansteuerung der Stellglieder der Antriebsmaschine und einer Auswirkung auf die Drehzahl Reaktionszeiten, welche die benötigte Zeitdauer zwischen der Start- und der Zieldrehzahl und damit den sich ergebenden Gradienten stark beeinflussen. Beispielsweise kann die Zeitspanne zwischen der Ansteuerung einer Drehmomenterhöhung und dem Beginn einer Änderung der Drehzahl mehr als 100 ms betragen. Bei einer Unterstützung einer Drehzahlverminderung, beispielsweise mit einem Schließen einer Auspuffklappe, muß sich zuerst ein Abgasgegendruck aufbauen, damit sich anschließend ein erhöhter Gradient einstellen kann. Bei einer kleinen Drehzahldifferenz zwischen Start- und Zieldrehzahl wirkt sich diese Reaktionszeit stärker auf die Verlaufsparemeter, beispielsweise den sich zwischen Start- und Zieldrehzahl ergebenden Gradienten, aus, als bei einer großen Differenzdrehzahl. Damit sind die aktuellen Verlaufsparemeter auch von der Drehzahldifferenz abhängig.

Mit einer Bestimmung der aktuellen und der korrigierten Verlaufsparemeter in Abhängigkeit von der Start- und/oder der Zieldrehzahl können für verschiedene Start- und/oder Zieldrehzahlen sowie verschiedene Drehzahldifferenzen verschiedene Verlaufsparemeter bestimmt werden. Bei einer Vorbestimmung eines Verlaufs der Drehzahl der Antriebsmaschine kann dann jeweils ein der aktuellen Start- und/oder Zieldrehzahl entsprechender Verlaufsparemeter verwendet werden. Damit kann der Verlauf der Drehzahl der Antriebsmaschine bei angesteuerten Drehzahländerungen besonders genau vorbestimmt werden.

Damit können bei einem Gangwechsel von einem Ursprungs- in einen Zielgang des Zahnradwechselgetriebe die Stellglieder des Zahnradwechselgetriebe so angesteuert werden, daß, unter Berücksichtigung von Totzeiten der Stellglieder, bei Erreichen eines gewünschten Abstands zur Synchrondrehzahl der Zielgang eingelegt wird. Damit sind besonders komfortable und schnelle Gangwechsel möglich.

Zusätzlich können die vorgeschichterten Verlaufsparemeter in Abhängigkeit von der Start- und der Zieldrehzahl abgespeichert sein.

Eine weitere Lösung der der Erfindung zugrundeliegenden Aufgabe stellt das Verfahren nach Anspruch 4 dar. Gemäß diesem Verfahren wird bei einer angesteuerten Drehzahländerung zusätzlich zur Bestimmung eines korrigierten Gradienten eine aktuelle Reaktionszeit bestimmt und mit dieser aktuellen und einer vorgeschichterten Reaktionszeit eine korrigierte Reaktionszeit ermittelt. Die aktuelle Reaktionszeit wird als eine Zeitdauer zwischen einem Ansteuerzeitpunkt eines Stellglieds und einer signifikanten Änderung einer Zustandsgröße des Antriebsstrangs, beispielsweise der Drehzahl, des Gradienten der Drehzahl oder des abgegebenen Drehmoments der Antriebsmaschine bestimmt. Die aktuelle Reaktionszeit kann sowohl bei einer Zuschaltung als auch einer Abschaltung des Stellglieds ermittelt werden. Eine signifikante Änderung der Zustandsgröße

ist erreicht, wenn die Änderung einen einstellbaren Grenzwert überschreitet. Der Grenzwert kann dabei von Zustandsgrößen des Antriebsstrangs, beispielsweise der Drehzahl oder der Temperatur der Antriebsmaschine, abhängig sein. Für die Berechnung und die Vorspeicherung der Reaktionszeit gelten die selben beschriebenen Möglichkeiten und Alternativen wie für die Berechnung und die Vorspeicherung des Gradienten.

Mit der Bestimmung des Gradienten wird damit erst nach Ablauf der aktuellen Reaktionszeit begonnen. Somit kann sich eine geringfügig andere Startdrehzahl wie bei einer Bestimmung ohne Beachtung der Reaktionszeit ergeben. Der so ermittelte Gradient ist von der Reaktionszeit der Stellglieder und damit von der Drehzahldifferenz zwischen Start- und Zieldrehzahl unabhängig. Eine Vorausberechnung der Drehzahl der Antriebsmaschine in ausgesuchten Betriebszuständen ist damit sehr genau.

In Ausgestaltung der Erfindung wird der korrigierte Gradient und/oder die korrigierte Reaktionszeit in Abhängigkeit von der Start- und/oder Zieldrehzahl bestimmt. Damit werden die beschriebenen unterschiedlichen Wirkungen der Stellglieder bei unterschiedlichen Drehzahlen der Antriebsmaschine berücksichtigt. Damit ist die Vorausberechnung der Drehzahl besonders genau.

In Ausgestaltung der Erfindung wird der korrigierte Gradient und/oder die korrigierte Reaktionszeit durch eine Mittelung der vorgespeicherten Werte und der aktuellen Werte bestimmt. Damit wird eine stetige Annäherung an die tatsächlichen Begebenheiten gewährleistet. Zusätzlich werden damit zu starke Änderungen der korrigierten Werte verhindert, welche negative Auswirkungen auf Regelparameter des Antriebsstrangs haben könnten. Außerdem kann sich eine fehlerhafte Bestimmung eines aktuellen Werts nicht zu stark auf die korrigierten Werte auswirken.

Beispielsweise kann eine Mittelung mit Hilfe einer gewichteten Summe durchgeführt werden. Dabei werden die aktuellen und die

vorgespeicherten Werte mit gleichen oder unterschiedlichen Faktoren multipliziert und anschließend addiert. Die korrigierten Werte werden dann ermittelt, indem die Summe durch die Summe der genannten Faktoren dividiert wird.

In die Mittelung können ein oder mehrere vorgespeicherte Werte einbezogen werden.

In Ausgestaltung der Erfindung werden Abweichungen des aktuellen Gradienten und/oder der aktuellen Reaktionszeit von den vorgespeicherten Werten bestimmt. Falls die Abweichungen einstellbare Grenzwerte überschreiten, werden für den korrigierten Gradienten und/oder die korrigierte Reaktionszeit die vorgespeicherten Werte übernommen. Die Grenzwerte können von der Anzahl der Anpassungsschritte, der Start- und/oder Zieldrehzahl, von Zustandsgrößen des Antriebsstrangs und/oder von Stellgrößen der Antriebsmaschine abhängig sein. Damit können fehlerhaft bestimmte Werte unberücksichtigt bleiben.

In Ausgestaltung der Erfindung werden der korrigierte Gradient und/oder die korrigierte Reaktionszeit gespeichert und bei der folgenden Bestimmung des korrigierten Gradienten und/oder der korrigierten Reaktionszeit als vorgespeicherte Werte verwendet. Die Speicherung kann auch bei einer Wiederinbetriebnahme nach einem Abstellen des Kraftfahrzeugs erhalten bleiben. Damit findet eine stetige Anpassung der korrigierten Werte an die tatsächlichen Begebenheiten statt und es können Änderungen über die Laufzeit des Kraftfahrzeugs berücksichtigt werden.

Es kann dabei jeweils der korrigierte Wert gespeichert werden oder es wird, neben einem Grundwert, eine Abweichung vom Grundwert gespeichert. Die Abweichung kann beispielsweise als ein Korrekturfaktor oder ein Korrekturwert, welcher zum Grundwert addiert wird, gespeichert werden. Damit können die Änderungen zurückgenommen und die Anpassung neu gestartet werden. Ein Neustart kann beispielsweise bei einem Tausch eines Stellglieds erfolgen. Außerdem können kleinere Änderungen

aufgelöst und damit gespeichert werden, da sich die Abweichungen nicht so stark unterscheiden und so bei gleichem Speicherplatz eine höherer Auflösung der Zahlenwerte möglich ist. Zusätzlich kann eine Reduktion der von der Steuerungseinrichtung des Zahnräderwechselgetriebes zu speichernden Datenmenge erreicht werden, indem die Grundwerte in einer anderen Steuerungseinrichtung, beispielsweise der Steuerungseinrichtung der Antriebsmaschine gespeichert werden.

In Ausgestaltung der Erfindung wird ermittelt, wie oft der korrigierte Gradient und/oder die korrigierte Reaktionszeit bestimmt wurden. Die Mittelungen sind von den ermittelten Häufigkeiten abhängig. Damit können beispielsweise am Anfang der Anpassung der Werte, wenn also die korrigierten Werte noch nicht oft ermittelt wurden, die aktuellen Werte stärker berücksichtigt werden und somit eine schnellere Anpassung der Werte erreicht werden. Nach einer einstellbaren Anzahl von Anpassungsschritten kann von einer guten Anpassung ausgegangen werden. Damit kann der Einfluß der aktuellen Werte vermindert werden. Beispielsweise können sich bei einer gewichteten Summe die Faktoren mit der Anzahl der Anpassungsschritte ändern.

Die Gewichtungen können dabei zusätzlich von der Start- und/oder Zieldrehzahl, von Zustandsgrößen des Antriebsstrangs und/oder von Stellgrößen der Antriebsmaschine abhängig sein.

In Ausgestaltung der Erfindung werden der korrigierte Gradient und/oder die korrigierte Reaktionszeit in Abhängigkeit von Zustandsgrößen des Antriebsstrangs ermittelt. Zustandsgrößen des Antriebsstrangs sind beispielsweise eine Temperatur der Antriebsmaschine, eine Temperatur des Zahnräderwechselgetriebes oder die Stellung eines Vorschaltgetriebes des Zahnräderwechselgetriebes. Die Speicherung der Werte und die Vorbestimmung der Drehzahl der Antriebsmaschine finden dann ebenfalls unter Berücksichtigung von Zustandsgrößen des Antriebsstrangs statt. Damit läßt sich eine besonders genaue Vorbestimmung erreichen.

In Ausgestaltung der Erfindung werden der korrigierte Gradient und/oder die korrigierte Reaktionszeit in Abhängigkeit von angesteuerten Stellgrößen der Antriebsmaschine ermittelt. Stellgrößen sind beispielsweise die Kraftstoffeinspritzmenge, der Zündzeitpunkt oder angesteuerte Motorbremsen. Die Speicherung der Werte und die Vorbestimmung der Drehzahl der Antriebsmaschine finden dann ebenfalls unter Berücksichtigung der Stellgrößen statt. Damit läßt sich eine besonders genaue Vorbestimmung erreichen.

In Ausgestaltung der Erfindung wird eine Auswahl eines Zielgangs bei einem Gangwechsel des Zahnräderwechselgetriebes in Abhängigkeit von dem korrigierten Gradienten und/oder der korrigierten Reaktionszeit durchgeführt. Bei einer Schaltung muß sichergestellt sein, daß sich nach dem Einlegen des Zielgangs die Antriebsmaschine in einem sinnvollen Betriebspunkt befindet, beispielsweise die Drehzahl nicht zu hoch oder zu niedrig ist. Während des Schaltvorgangs eines Zahnräderwechselgetriebes ist der Kraftschluß von der Antriebsmaschine zu angetriebenen Fahrzeugrädern unterbrochen. Damit kann kein Antriebsmoment aufgebracht werden. Die Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs kann sich damit, je nach Fahrwiderständen, beispielsweise Beladung oder Bergauf-/Bergabfahrt, während des Schaltvorgangs stark ändern. Mit Hilfe des korrigierten Gradienten und/oder der korrigierten Reaktionszeit kann die Dauer einer Schaltung sehr genau vorausberechnet werden. Damit kann bei bekannten oder berechneten Fahrwiderständen die Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs beim Einlegen des Zielgangs sehr genau bestimmt werden. Damit kann der Betriebspunkt der Antriebsmaschine im Zielgang vorausbestimmt und geprüft werden. Falls der vorausberechnete Betriebspunkt ungünstig ist, kann die Wahl des Zielgangs korrigiert werden. Damit kann eine besonders vorteilhafte Auswahl des Zielgangs erfolgen. Außerdem können Schaltungen, die nicht bis zum Ende durchgeführt werden können, unterdrückt werden.

Bei einer weiteren erfindungsgemäßen Lösung der oben genannten Aufgabe nach Anspruch 14 wird bei einer Erstinbetriebnahme des Antriebsstrangs die Antriebsmaschine, insbesondere bei einer Neutralstellung des Zahnräderwechselgetriebes, so angesteuert, daß sich Drehzahländerungen ergeben. Eine Erstinbetriebnahme liegt beispielsweise vor, wenn der Antriebsstrang zum ersten Mal aufgebaut wurde oder nach einem Tausch eines Aggregats, beispielsweise der Antriebsmaschine. Während der angesteuerten Drehzahländerungen werden Reaktionszeiten als eine Zeitdauer zwischen einem Ansteuerzeitpunkt und einem Zeitpunkt, bei welchem eine Änderung einer Zustandsgröße der Antriebsmaschine einen einstellbaren Grenzwert überschreitet, und/oder Gradienten der Drehzahländerungen bestimmt. Die bestimmten Reaktionszeiten und/oder Gradienten werden in der Steuerungseinrichtung der Antriebsmaschine oder einer anderen Steuerungseinrichtung, beispielsweise des Zahnräderwechselgetriebes, bestimmt und abgespeichert. Damit kann in ausgesuchten Betriebszuständen, beispielsweise bei Schaltungen des Zahnräderwechselgetriebes, der Verlauf der Drehzahl der Antriebsmaschine vorausberechnet werden.

Der Ablauf der Ansteuerung kann in einer Steuerungseinrichtung des Antriebsstrangs gespeichert sein und mittels eines Signals, beispielsweise eines Tasters oder eines angeschlossenen Signalgebers, gestartet werden. Alternativ dazu kann der Ablauf auch auf einer zusätzlichen Vorrichtung gespeichert sein, welche mit einer oder mehreren Steuerungseinrichtungen des Antriebsstrangs in Signalverbindung gebracht werden kann. Die zusätzliche Vorrichtung kann die Ansteuersignale nach Anforderung an die Steuerungseinrichtung der Antriebsmaschine senden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, daß der Fahrzeugführer mittels eines Signals einen Lernvorgang startet und mittels eines Fahrpedals das Drehmoment und damit die Drehzahl der Antriebsmaschine beeinflußt.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren ist sofort nach Erstinbetriebnahme eine Vorausberechnung möglich, auch wenn über

das Betriebsverhalten der Antriebsmaschine keinerlei Vorabinformationen vorliegen. Damit ist beispielsweise bei einem Gangwechsel des Zahnräderwechselgetriebes sofort eine, wie oben beschriebene, vorteilhafte Wahl des Zielgangs möglich.

In Ausgestaltung der Erfindung werden der Gradient und/oder die Reaktionszeit in Abhängigkeit

- der Start- und/oder Zieldrehzahl der Drehzahländerung,
- von Zustandsgrößen des Antriebsstrangs und/oder
- von angesteuerten Stellgrößen der Antriebsmaschine ermittelt.

Die Vorteile und die Ausgestaltungsmöglichkeiten entsprechen dabei den genannten Vorteilen und den Ausgestaltungsmöglichkeiten der Bestimmung der korrigierten Reaktionszeiten und/oder Gradienten.

Weitere Vorteile der Erfindung gehen aus der Beschreibung und der Zeichnung hervor. Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung vereinfacht dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

- | | |
|-------------|---|
| Fig. 1 | einen Antriebsstrang eines Kraftfahrzeug mit einem automatisierten Zahnräderwechselgetriebe in einer schematischen Darstellung, |
| Fig. 2a, 2c | jeweils ein Diagramm zur zeitlichen Darstellung der Drehzahl der Antriebsmaschine bei einer Rückschaltung des Zahnräderwechselgetriebes, |
| Fig. 2b, 2d | jeweils ein Diagramm zur zeitlichen Darstellung des Sollwerts und des abgegebenen Drehmoments der Antriebsmaschine bei einer Rückschaltung entsprechend Fig. 2a und 2c, |

- Fig. 3a ein Diagramm zur zeitlichen Darstellung der Drehzahl der Antriebsmaschine bei einer Hochschaltung des Zahnräderwechselgetriebes,
- Fig. 3b ein Diagramm zur zeitlichen Darstellung eines Ansteuersignals einer Auspuffklappe und des abgegebenen Drehmoments der Antriebsmaschine bei einer Hochschaltung entsprechend Fig. 3a und
- Fig. 4 ein Diagramm zur zeitlichen Darstellung der Drehzahl der Antriebsmaschine bei einer Erstinbetriebnahme.

Gemäß Fig. 1 weist ein Antriebsstrang 10 eines nicht dargestellten Kraftfahrzeugs eine Antriebsmaschine 14 auf, welche von einer Steuerungseinrichtung 16 angesteuert wird. Die Steuerungseinrichtung 16 steht mit nicht dargestellten Stellgliedern, beispielsweise für eine nicht dargestellte Auspuffklappe der Antriebsmaschine 14, in Signalverbindung. Damit kann die Steuerungseinrichtung 16 Stellgrößen an die Stellglieder der Antriebsmaschine 14 senden. Außerdem steht die Steuerungseinrichtung 16 in Signalverbindung mit nicht dargestellten Sensoren, wie beispielsweise einem Drehzahlsensor oder einem Temperatursensor, mittels welchen Zustandsgrößen der Antriebsmaschine 14 erfaßbar sind.

Die Antriebsmaschine 14 kann mittels einer Ausgangswelle 13 und einer Reibungskupplung 12 mit einer koaxial zur Ausgangswelle 13 angeordneten Eingangswelle 11 eines automatisierten Zahnräderwechselgetriebes 19 verbunden werden. Die Kupplung 12 und das Zahnräderwechselgetriebe 19 werden von einer Steuerungseinrichtung 49 angesteuert. Die Steuerungseinrichtung 49 steht in Signalverbindung mit nicht dargestellten Stellgliedern und Sensoren der Kupplung 12 und des Zahnräderwechselgetriebes 19. Damit kann die Steuerungseinrichtung 49 die Kupplung 12 öffnen oder schließen und Gangwechsel im Zahnräderwechselgetriebe 19 durchführen. Mittels der Sensoren sind Zustandsgrößen wie Drehzahlen oder Temperaturen der Kupplung 12 und des Zahnräder-

wechselgetriebes 19 erfaßbar. Außerdem steht die Steuerungseinrichtung 49 in Signalverbindung mit der Steuerungseinrichtung 16, wodurch ein Austausch von Daten, beispielsweise von Zustandsgrößen der Antriebsmaschine 14 oder des Zahnräderwechselgetriebes 19, sowie eine Anforderung von Drehzahländerungen der Antriebsmaschine 14, welche dann von der Steuerungseinrichtung 16 umgesetzt werden, möglich sind. Die Steuerungseinrichtung 49 ist außerdem mit einer Bedieneinheit 51 verbunden, mittels welcher ein Fahrzeugführer Gangwechsel des Zahnräderwechselgetriebes 19 anfordern kann. Alternativ dazu können Gangwechsel von einem Ursprungs- in einen Zielgang auch in an sich bekannter Weise von der Steuerungseinrichtung 49 ausgelöst werden. Die Ermittlung des Zielgangs ist dabei unter anderem von der Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs und einem Betätigungsgrad eines Fahrpedals durch den Fahrzeugführer abhängig.

Das Zahnräderwechselgetriebe 19 ist als ein sogenanntes Zweigruppengetriebe ausgeführt. Drehfest verbunden mit der Getriebeeingangswelle 11 ist ein Vorschaltgetriebe in Form einer Splitgruppe 17 angeordnet. Der Splitgruppe 17 nachgeordnet ist ein Hauptgetriebe 18.

Mittels der Splitgruppe 17 kann die Getriebeeingangswelle 11 über zwei verschiedene Zahnradpaarungen 20, 21 mit einer parallel zur Getriebeeingangswelle 11 angeordneten Vorgelegewelle 22 in Wirkverbindung gebracht werden. Die Zahnradpaarungen 20, 21 weisen eine unterschiedliche Übersetzung und Massenträgheitsmomente auf. Auf der Vorgelegewelle 22 sind verdrehfest Festräder 23, 24, 25 für den 3., 2. und 1. Gang des Hauptgetriebes 18 angeordnet. Die Festräder 23, 24, 25 kämmen jeweils mit zugehörigen Losrädern 26, 27, 28, welche drehbar auf einer coaxial zur Getriebeeingangswelle 11 angeordneten Hauptwelle 29 angeordnet sind. Das Losrad 26 kann mittels einer Schiebemuffe 30, die Losräder 27 und 28 mittels einer Schiebemuffe 31 verdrehfest und formschlüssig mit der Hauptwelle 29 verbunden werden.

Eine Schiebemuffe 41 der Splitgruppe 17 und die Schiebemuffen 30, 31, 39 des Hauptgetriebes 18 sind jeweils mit Schaltstangen 42, 43, 44, 45 betätigbar. Damit kann eine formschlüssige Verbindung zwischen zugehörigen Schaltelementen und der Hauptwelle 29 hergestellt oder unterbrochen werden. Die Schaltstangen 42, 43, 44, 45 können mit einem Schaltaktor 48, welcher von der Steuerungseinrichtung 49 angesteuert wird, betätigt werden. Wenn kein Gang im Zahnräderwechselgetriebe 19 eingelegt ist, also kein Losrad formschlüssig mit der Hauptwelle 29 verbunden ist, dann befindet sich das Zahnräderwechselgetriebe 19 in einer sogenannten Neutralstellung.

Von der Hauptwelle 29 wird das gewandelte Drehmoment und die Drehzahl der Antriebsmaschine 14 mittels einer Abtriebswelle 32 an ein Achsgetriebe 33 übertragen, welches in an sich bekannter Weise das Drehmoment in gleichen oder unterschiedlichen Anteilen über zwei Antriebswellen 34, 35 an Antriebsräder 36, 37 überträgt.

Bei einem Gangwechsel von einem Ursprungsgang in einen Zielgang muß zuerst der Ursprungsgang ausgelegt werden. Da das Zahnräderwechselgetriebe 19 als ein unsynchronisiertes Getriebe ausgeführt ist, muß, um den Zielgang einlegen zu können, die Vorgelegewelle 22 und damit auch die Eingangswelle 11 mittels der Antriebsmaschine 14 bei geschlossener Kupplung 12 ungefähr auf die Synchrondrehzahl des Zielgangs eingestellt werden. Die Synchrondrehzahl ist erreicht, wenn das Losrad des Zielgangs und die Hauptwelle 29 die selbe Drehzahl aufweisen. Die Einstellung der Drehzahl der Vorgelegewelle 22 wird als eine sogenannte Synchronisation bezeichnet.

Nach dem Auslegen des Ursprungsgangs, also in der Neutralstellung des Zahnräderwechselgetriebes 19, fordert die Steuerungseinrichtung 49 des Zahnräderwechselgetriebes 19 eine Änderung der Drehzahl der Antriebsmaschine 14 auf die Synchrondrehzahl des Zielgangs an. Die Drehzahl der Antriebs-

maschine 14 zum Zeitpunkt des Auslegens entspricht dabei einer Startdrehzahl und die Synchrondrehzahl einer Zieldrehzahl. Die Anforderung kann erfolgen, indem die Zieldrehzahl vorgegeben wird und die Steuerungseinrichtung 16 die Drehzahl dementsprechend einstellt. Alternativ dazu kann die Steuerungseinrichtung 49 auch ein Drehmoment der Antriebsmaschine 14 vorgeben, welches dann eingestellt wird. Damit würde die Steuerung oder Regelung der Drehzahl von der Steuerungseinrichtung 49 vorgenommen.

Da die Hauptwelle 29 mit den Antriebsrädern 36, 37 verbunden ist, ist die Drehzahl der Hauptwelle 29 und damit die Synchrondrehzahl des Zielgangs proportional zur Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs, wobei der Proportionalitätsfaktor der Übersetzung zwischen den Fahrzeugrädern und dem zu synchronisierenden Schaltelement entspricht. Nach Auslegen des Zielgangs ist die Antriebsmaschine 14 nicht mehr mit den Antriebsrädern 36, 37 verbunden; es kann also kein Drehmoment von der Antriebsmaschine 14 auf die Antriebsräder 36, 37 übertragen werden. Damit kann sich die Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs in der Neutralstellung des Zahnradwechselgetriebes allein in Abhängigkeit der Fahrwiderstände ändern. Beispielsweise kann bei einer starken Beladung, insbesondere wenn das Kraftfahrzeug als ein Nutzfahrzeug ausgeführt ist, und einer Steigung oder einem Gefälle der Fahrbahn, der Geschwindigkeitsunterschied zu Beginn und am Ende der Synchronisation sehr groß sein. Damit kann sich die Zieldrehzahl der Anforderung ebenfalls stark ändern.

In den Fig. 2a, 2b, 2c, 2d, 3a und 3b ist der zeitliche Verlauf von Zustandsgrößen der Antriebsmaschine 14 bei einer Rück- bzw. Hochschaltung des Zahnradwechselgetriebes 19 von einem Ursprungs- in einen Zielgang dargestellt.

In den Fig. 2a, 2b, 2c, 2d sind auf Abszissen 60a, 60b, 60c, 60d die Zeit, auf Ordinaten 61a, 61c eine Drehzahl und auf Ordinaten 61b, 61d Drehmomente aufgetragen. In den Fig. 3a, 3b

sind auf Abszissen 80a, 80b die Zeit, auf einer Ordinate 81a eine Drehzahl und auf einer Ordinate 81b ein Ansteuersignal für eine Auspuffklappe und ein Drehmoment aufgetragen.

In einer Phase a1 in Fig. 2a ist der Ursprungsgang noch eingelegt. Die Antriebsmaschine 14 gibt ein geringes, konstantes Drehmoment ab und das Kraftfahrzeug wird langsamer, so daß die Drehzahl der Antriebsmaschine 14 sinkt. Zum Zeitpunkt 65a entscheidet die Steuerungseinrichtung 49 auf Grund der Geschwindigkeit und der Stellung des Fahrpedals, daß eine Rückschaltung durchgeführt werden soll. Dazu muß zuerst der Ursprungsgang ausgelegt und damit die formschlüssige Verbindung zwischen der Schiebemuffe und dem Losrad des Ursprungsgangs gelöst werden. Ein Lösen dieser Verbindung ist nur möglich, wenn über die Verbindung nur ein geringes Drehmoment übertragen wird. Da die Rückschaltung bei geschlossener Kupplung 12 ausgeführt wird, wird der Sollwert des Drehmoments und damit auch zeitverzögert das abgegebene Drehmoment der Antriebsmaschine 14, wie in Phase b1 schematisch dargestellt, verändert. Dies bewirkt auch eine Änderung der Drehzahl und ermöglicht ein Auslegen des Ursprungsgangs. Alternativ dazu kann zum Auslegen des Ursprungsgangs auch die Kupplung 12 kurz geöffnet und anschließend wieder geschlossen werden. Zum Zeitpunkt 66a ist der Ursprungsgang ausgelegt.

Um den Zielgang einlegen zu können, muß eine Synchronisation stattfinden, also die Drehzahl muß von einer Startdrehzahl 67a, der Drehzahl zum Zeitpunkt 66a, auf eine Zieldrehzahl beschleunigt werden. In Fig. 2a sind beispielhaft zwei verschiedene Zieldrehzahlen 68a und 69a dargestellt. Die Zieldrehzahl 69a ist größer als die Zieldrehzahl 68a und entspricht damit einem kleineren Gang. Da die Drehzahl möglichst schnell die Zieldrehzahl erreichen soll, fordert die Steuerungseinrichtung 16 zum Zeitpunkt 66a eine sprunghafte Erhöhung des Drehmoments an, was an einem Sprung des Sollwerts (Linie 63b) erkennbar ist. Das abgegebene Drehmoment (Linie 64b) kann dieser sprunghaften Sollvorgabe nicht direkt folgen.

Beispielsweise aufgrund von Reaktionszeiten der Stellglieder und Trägheiten in der Antriebsmaschine 14 steigt das abgegebene Drehmoment gegenüber dem Sollverlauf zeitverzögert an. Dies hat zur Folge, daß die Drehzahl der Antriebsmaschine 14 (Linie 62a) ebenfalls nicht sofort nach dem Auslegen des Ursprungsgangs (Zeitpunkt 66a) ansteigt. Nach einer Übergangsphase steigt die Drehzahl mit annähernd konstanter Steigung an.

Für eine spätere Vorausberechnung einer angeforderten Drehzahländerung, beispielsweise bei einem späteren Gangwechsel, wird während der Synchronisation ein aktueller Gradient der Drehzahländerung ermittelt. Dazu wird der Zeitpunkt (T_{ziel}) des Erreichens der Zieldrehzahl bestimmt und der Gradient (g_{akt}) durch eine Division der Differenz von Zieldrehzahl (n_{ziel}) und Startdrehzahl (n_{start}) durch die Zeitspanne zwischen Erreichen und Anfordern (T_{start}) der Zieldrehzahl berechnet:

$$g_{\text{akt}} = \frac{n_{\text{ziel}} - n_{\text{start}}}{T_{\text{ziel}} - T_{\text{start}}}$$

Anschließend wird geprüft, ob der aktuelle Gradient zu stark von einem in der Steuerungseinrichtung 49 vorgespeicherten Gradienten (g_{speicher}) abweicht. Dazu wird geprüft, ob die Differenz zwischen dem aktuellen und dem gespeicherten Gradienten größer als ein einstellbarer Grenzwert ist. Ist dies der Fall, dann wird von einer fehlerhaften Bestimmung des aktuellen Gradienten ausgegangen und der Wert wird nicht weiter verwendet; als korrigierter Gradient wird der vorgespeicherte Gradient übernommen.

Ist die Abweichung nicht zu groß, wird mit dem vorgespeicherten Gradienten (g_{speicher}) und dem aktuellen Gradienten (g_{akt}) ein korrigierter Gradient (g_{korrr}) mittels einer gewichteten Summe berechnet:

$$g_{\text{korrr}} = (g_{\text{akt}} + A * g_{\text{speicher}}) / (A + 1)$$

Dabei ist A eine positive ganze Zahl, beispielsweise 8. Praktische Erfahrungen haben gezeigt, daß A vorzugsweise in einem Bereich von 5 bis 25 liegen sollte. Damit wird der korrigierte Gradient durch eine Mittelung bestimmt und ein fehlerhafter Wert hat keine zu große Auswirkung.

Dieser korrigierte Gradient (g_{korrr}) wird in der Steuerungseinrichtung 49 abgespeichert und bei der nächsten Berechnung als vorgeschpeicherter Gradient verwendet. Parallel dazu wird bei jeder Berechnung eines korrigierten Gradienten ein Wert inkrementiert, der die Anzahl der Anpassungen wiedergibt. In Abhängigkeit von dieser Anzahl wird der Parameter A der gewichteten Summe verändert. Ab einem einstellbaren Grenzwert, beispielsweise 150, wird A vergrößert, beispielsweise von 6 auf 10, und damit der Einfluß eines einzelnen aktuellen Gradienten auf den korrigierten Gradienten verringert.

Bei der Vorausberechnung des Verlaufs der Drehzahl wird insbesondere der Zeitpunkt (T_{ziel}) des Erreichens der Zieldrehzahl (n_{ziel}) bestimmt. Dieser Zeitpunkt läßt sich aus dem Startzeitpunkt (T_{start}), der Differenz zwischen Startdrehzahl (n_{start}) und Zieldrehzahl und dem korrigierten Gradienten (g_{korrr}) berechnen:

$$T_{\text{ziel}} = T_{\text{start}} + \frac{n_{\text{ziel}} - n_{\text{start}}}{g_{\text{korrr}}}$$

In Fig. 2a wird die erste Zieldrehzahl 68a zu einem Zeitpunkt 70a erreicht. Der berechnete erste Gradient entspricht der Steigung der Linie 72a, welche einen Startpunkt 73a zum Zeitpunkt 66a und einen ersten Zielpunkt 74a miteinander verbinden.

Die zweite Zieldrehzahl 69a wird zu einem Zeitpunkt 71a erreicht. Der berechnete zweite Gradient entspricht der Steigung der Linie 75a, welche den Startpunkt 73a und einen zweiten Zielpunkt 76a miteinander verbinden.

Auf Grund der angesprochenen Übergangsphase weichen die beiden Gradienten sehr stark voneinander ab. Soll beispielsweise der bei einer Drehzahländerung von der Startdrehzahl 67a auf die zweite Zieldrehzahl 69a der Zeitpunkt des Erreichens der Zieldrehzahl 69a vorausberechnet werden und es wird der erste, mittels der ersten Zieldrehzahl 68a bestimmten Gradient verwendet, so ergibt sich ein Zeitpunkt 77a statt des korrekten Zeitpunkts 71a. Das Erreichen der zweiten Zieldrehzahl 69a wird um die Zeitdifferenz zwischen den Zeitpunkten 77a und 71a falsch berechnet. Auch eine Mittelung zwischen dem ersten und dem zweiten Gradienten würde zu keinem befriedigenden Ergebnis führen.

Deshalb wird der korrigierte Gradient in Abhängigkeit von der Drehzahldifferenz zwischen der Start- und der Zieldrehzahl bestimmt. Dazu sind statt nur einem Gradientenwert jeweils ein Gradientenwert für verschiedene Differenzdrehzahlbereiche in der Steuerungseinrichtung 49 vorgespeichert. Die Bereiche können unterschiedlich groß sein, insbesondere bei kleinen Drehzahldifferenzen sind die Bereiche klein gewählt. Beispielsweise deckt ein erster Bereich Drehzahldifferenzen von 0 bis 50 U/min, ein zweiter von 50 bis 100 U/min und ein dritter von 100 bis 200 U/min ab.

Bei der Bestimmung des korrigierten Gradienten wird damit zuerst geprüft, zu welchem Drehzahldifferenzbereich der ermittelte aktuelle Gradient gehört. Dazu wird die Differenz zwischen Ziel- und Startdrehzahl ermittelt und durch einen Vergleich der passende Bereich festgestellt. Anschließend wird ein zu diesem Bereich gehörender korrigierter Gradient mit dem zugehörigen vorgespeicherten Gradienten und dem aktuellen Gradienten berechnet. Anschließend wird der korrigierte Gradient für den aktuellen Drehzahldifferenzbereich gespeichert. Neben der Abhängigkeit von der Drehzahldifferenz können auch weitere Größen, wie beispielsweise die Start- oder Zieldrehzahl, die Temperatur der Antriebsmaschine 14 und/oder

ein Ladeluftdruck der Antriebsmaschine 14 berücksichtigt werden. Dazu werden dann für jeden Drehzahldifferenzbereich nicht nur ein Gradient, sondern für verschiedene Bereiche der weiteren Größen jeweils ein Gradient gespeichert. Bei der Bestimmung des korrigierten Gradienten wird dann entsprechend vorgegangen.

Bei der Vorausberechnung des Verlaufs einer angeforderten Drehzahländerung, insbesondere des Zeitpunkt des Erreichens der Zieldrehzahl wird ebenso zuerst die notwendige Differenzdrehzahl sowie gegebenenfalls weitere Größen, wie beispielsweise die Temperatur der Antriebsmaschine 14, bestimmt. Anschließend wird aus der Gesamtzahl der vorgespeicherten Gradienten der passende Gradient entsprechend dem Vorgehen bei der Bestimmung des aktuellen Gradienten bestimmt. Mit diesem Gradienten kann mittels der beschriebenen Formel der Zeitpunkt des Erreichens der Zieldrehzahl vorausberechnet werden. Bei einem Gangwechsel im Zahnräderwechselgetriebe 19 entspricht dies dem Zeitpunkt, bei dem der Zielgang eingelegt werden kann.

Bei bekannten oder berechneten Fahrwiderständen kann damit schon vor Beginn der Schaltung die Geschwindigkeit beim Einlegen des Zielgangs vorausberechnet werden. Damit prüft die Steuerungseinrichtung 49 ab, ob der sich dann einstellende Betriebspunkt der Antriebsmaschine 14 sinnvoll ist, also beispielsweise die Drehzahl in einem bestimmten Bereich liegt. Ist dies nicht der Fall, so wird sofort ein anderer Zielgang gewählt und die Prüfung wiederholt.

In Fig. 3a ist der Drehzahlverlauf der Antriebsmaschine 14 und in Fig. 3b ein Ansteuersignal für eine Auspuffklappe (Linie 83b) und das abgegebene Drehmoment der Antriebsmaschine 14 (Linie 84b) bei einer Hochschaltung des Zahnräderwechselgetriebes 19 dargestellt. In einer Phase c1 ist der Ursprungsgang eingelegt und die Geschwindigkeit des Kraftfahrzeugs und damit die Drehzahl (Linie 82a) der Antriebsmaschine 14 steigt an. Zum Zeitpunkt 85a entscheidet die Steuerungseinrichtung 49,

eine Hochschaltung durchzuführen. Die Schaltung wird bei geschlossener Kupplung 12 ausgeführt. In der Phase d1 wird der Ursprungsgang ausgelegt. Zum Zeitpunkt 86a befindet sich das Zahnräderwechselgetriebe 19 in einer Neutralstellung.

Um den Zielgang einlegen zu können, muß eine Synchronisation stattfinden, also die Drehzahl muß von einer Startdrehzahl 87a auf eine Zieldrehzahl verzögert werden. In Fig. 3a sind beispielhaft zwei verschiedene Zieldrehzahlen 88a und 89a dargestellt. Die Zieldrehzahl 89a ist kleiner als die Zieldrehzahl 88a und entspricht damit einem größeren Gang. Da die Drehzahl möglichst schnell die Zieldrehzahl erreichen soll, steuert die Steuerungseinrichtung 16 zum Zeitpunkt 86a ein Schließen einer Auspuffklappe an, um so das Schleppmoment der Antriebsmaschine 14 zu erhöhen. Das Ansteuersignal (Linie 83b) springt demzufolge zum Zeitpunkt 86a von inaktiv auf aktiv um. Bevor das Schleppmoment ansteigt muß zuerst die Auspuffklappe geschlossen und ein Abgasdruck aufgebaut werden. Aus diesem Grund baut sich das Schleppmoment nur verzögert auf (Linie 84b). Dies hat zur Folge, daß die Drehzahl der Antriebsmaschine 14 (Linie 82a) ebenfalls nicht sofort nach dem Auslegen des Ursprungsgangs (Zeitpunkt 86a) absinkt. Nach einer Übergangsphase fällt die Drehzahl mit annähernd konstanter Steigung ab.

In Fig. 3a wird die erste Zieldrehzahl 88a zu einem Zeitpunkt 90a erreicht. Der berechnete erste Gradient entspricht der Steigung der Linie 92a, welche einen Startpunkt 93a zum Zeitpunkt 86a und einen ersten Zielpunkt 94a miteinander verbinden.

Die zweite Zieldrehzahl 89a wird zu einem Zeitpunkt 91a erreicht. Der berechnete zweite Gradient entspricht der Steigung der Linie 95a, welche den Startpunkt 93a und einen zweiten Zielpunkt 96a miteinander verbinden.

Auf Grund der angesprochenen Übergangsphase weicht der erste Gradient bis zum Erreichen der ersten Zieldrehzahl 88a (Linie

92a) sehr stark vom zweiten Gradienten bis zum Erreichen der zweiten Zieldrehzahl 89a (Linie 95a) ab.

Deshalb wird der korrigierte Gradient auch bei Hochschaltungen in Abhängigkeit von der Drehzahldifferenz zwischen der Start- und der Zieldrehzahl bestimmt. Der Gradient bei Hochschaltungen ist zusätzlich sehr stark davon abhängig, ob und welche Motorbremsen angesteuert werden. Aus diesem Grund werden für alle möglichen Kombinationen von Ansteuerungen der Motorbremsen separate Gradienten zur Vorausberechnung vorgespeichert und zur Vorausberechnung benutzt.

Eine weitere Möglichkeit eine genaue Vorausberechnung des Drehzahlverlaufs zu ermöglichen ist es, neben einem korrigierten Gradienten zusätzlich eine korrigierte Reaktionszeit zu berechnen. Für die Mittelung und Speicherung, sowie die Abhängigkeiten von Stellgrößen und Zustandsgrößen gilt für die Reaktionszeit dasselbe wie für den Gradienten.

Deshalb wird hier lediglich auf die Bestimmung der Reaktionszeit und die Vorausberechnung eingegangen. In Fig. 2c ist der selbe Verlauf der Drehzahl (Linie 62c) wie in Fig. 2a (Linie 62a) dargestellt. Die Verläufe der Drehmomente (Linien 63d und 64d) in Fig. 2d entsprechen ebenfalls den Verläufen (Linien 63b und 64b) in Fig. 2b.

Zum Zeitpunkt 66c ist der Ursprungsgang ausgelegt und eine Erhöhung des Drehmoments der Antriebsmaschine 14 wird angefordert. Wie beschrieben, dauert es einige Zeit, bis das Drehmoment tatsächlich zur Verfügung steht und die Drehzahl beginnt sich zu ändern. Die Drehzahl wird überwacht und ein Zeitpunkt 100c festgestellt, bei dem die Drehzahl eine Drehzahlgrenze 101c überschreitet. Die Zeitspanne zwischen dem Auslegen des Ursprungsgangs (Zeitpunkt 66c) und dem Erreichen der Drehzahlgrenze 101c (Zeitpunkt 100c) wird als aktuelle Reaktionszeit festgestellt. Anschließend wird mit Zeitpunkt 100c und der Drehzahlgrenze 101c und dem ersten Zielpunkt 74c

bzw. dem zweiten Zielpunkt 76c der aktuelle Gradient ermittelt. Dieser Gradient ist von der Drehzahldifferenz zwischen der Ziel- und der Startdrehzahl unabhängig. Der aktuelle Gradient entspricht der Steigung der Linie 102c.

Der Zeitpunkt (T_{ziel}) des Erreichens der Zieldrehzahl (n_{ziel}) läßt sich damit aus dem Startzeitpunkt (T_{start}), der Differenz zwischen Startdrehzahl (n_{start}) und Zieldrehzahl, dem korrigierten Gradienten (g_{korrr}) und der korrigierten Reaktionszeit (T_{reakt}) berechnen:

$$T_{\text{ziel}} = T_{\text{start}} + T_{\text{reakt}} + \frac{n_{\text{ziel}} - n_{\text{start}}}{g_{\text{korrr}}}$$

Alternativ zur Startdrehzahl und Startzeitpunkt kann auch die Drehzahlgrenze (101c in Fig. 2c) und der Zeitpunkt beim Erreichen der Drehzahlgrenze (100c in Fig. 2c) verwendet werden.

Entsprechend der Bestimmung und der Berücksichtigung der Reaktionszeit zum Beginn der Synchronisation kann auch eine Reaktionszeit am Ende bestimmt und berücksichtigt werden. Diese Reaktionszeit ergibt sich beispielsweise dadurch, daß eine Anforderung einer Reduktion des Drehmoments der Antriebsmaschine am Ende einer Rückschaltung ebenfalls erst nach einer gewissen Zeit umgesetzt wird. Ein anderes Beispiel ist das Ausschalten einer Motorbremse bei einer Hochschaltung. Auch dabei ergibt sich eine gewisse Reaktionszeit, bis die Wirkung der Motorbremse aufgehoben ist und der Gradient der Drehzahl sich ändert. Diese Reaktionszeiten und die verzögerten Reaktionen der Drehzahl sind in der Zeichnung nicht dargestellt.

Bei einer Hochschaltung läßt sich das beschriebene Verfahren mit der Bestimmung der Reaktionszeit in analoger Weise verwenden.

Bei den bisherigen Ausführungsbeispielen wurde davon ausgegangen, daß vorgespeicherte Gradienten und/oder Reaktionszeiten in der Steuerungseinrichtung 49 vorliegen. Ist dies nicht der Fall, beispielsweise bei einer Erstinbetriebnahme des Antriebsstrangs oder des Kraftfahrzeugs, also nach der Montage am sogenannten Bandende oder nach Austausch der Antriebsmaschine 14, so müssen diese Werte ermittelt werden. Eine Ermittlung wäre im laufenden Betrieb des Kraftfahrzeugs möglich, allerdings kann es sehr lange Zeit in Anspruch nehmen bis die gesamte Anzahl an vorgespeicherten Werten sinnvoll belegt sind, außerdem können Schaltungen bis dahin unbefriedigend ablaufen.

Deshalb kann eine nicht dargestellte Vorgabeeinheit mit den Steuerungseinrichtungen 16 und 49 in Signalverbindung gebracht werden. Mittels der Vorgabeeinheit können auf Anforderung einer Bedienperson der Steuerungseinrichtung 16 Vorgaben zur Einstellung der Drehzahl der Antriebsmaschine 14, sowie Vorgaben für Stellglieder, beispielsweise Motorbremsen, gemacht werden. Der Vorgang wird bei geschlossener Kupplung 12 und Neutralstellung im Zahnradwechselgetriebe 19 durchgeführt. Jede Kombination aus Drehzahländerung insbesondere Drehzahl-differenz und Vorgaben für die Stellglieder wird ein oder mehrmals angefordert. Aus den sich ergebenden Gradienten und/oder Reaktionszeiten werden, gegebenenfalls mit Hilfe einer Mittelwertbildung, Gradienten und/oder Reaktionszeiten ermittelt und in der Steuerungseinrichtung 49 abgespeichert. Ausgehend von diesen vorgespeicherten Werten kann dann im normalen Betrieb des Kraftfahrzeugs eine weitere Anpassung erfolgen.

In Fig. 4 ist auf einer Abszisse 107 die Zeit; auf einer Ordinate 108 eine Drehzahl aufgetragen. Eine Linie 109 zeigt beispielhaft einen Sollverlauf für die Drehzahl der Antriebsmaschine 14, wie er von der Vorgabeeinheit angefordert wird.

Ausgehend von einer ersten Drehzahl 110 wird in einer Phase m1 eine zweite Drehzahl 111 angefordert. Nach einer Wartezeit wird in der Phase n1 wieder die erste Drehzahl 110 angesteuert. In den Phasen m2 und n2 wiederholt sich dieser Vorgang. In den Phasen m1 und m2 wird ein jeweils ein Gradient für den Drehzahlanstieg ermittelt und anschließend ein Mittelwert gebildet. Dieser Mittelwert wird, einschließlich der Information über die Differenzdrehzahl in der Steuerungseinrichtung 49 abgespeichert. Mit den Gradienten der Phasen n1 und n2 wird genauso verfahren, mit dem Zusatz, daß die Information über eine angesteuerte Motorbremse ebenfalls mit abgespeichert wird.

Anschließend an die Phase n2 wird in den Phase o1 ein Anstieg der Drehzahl von einer Drehzahl 112 auf eine Drehzahl 113 angefordert und in der Phase p2 wieder ein Abfall auf die Drehzahl 112. Dieser Vorgang wiederholt sich anschließend in den Phasen o2 und p2. Die Bestimmung und die Abspeicherung der Gradienten ist entsprechend zu den Phasen m1, m2, n1, n2.

Neben einem Gradienten können mit diesem Verfahren auch Reaktionszeiten und Gradienten bestimmt und abgespeichert werden.

Ein schnelleres Absinken der Drehzahl der Antriebsmaschine kann auch durch eine Zuschaltung eines Retarders, der mit der Ausgangswelle der Antriebsmaschine in Wirkverbindung steht, einem sogenannten Primär-Retarder, erreicht werden. Retarder sind nahezu verschleißfreie Dauerbremsen für Kraftfahrzeuge, insbesondere Nutzfahrzeuge. Sie können beispielsweise als hydrodynamische oder elektrodynamische Retarder ausgeführt sein.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Antriebsstrangs (10) eines Kraftfahrzeugs, mit

- einer Antriebsmaschine (14),
- einem automatisierten Zahnräderwechselgetriebe (19) und
- zumindest einer Steuerungseinrichtung (16),

wobei

- die Antriebsmaschine (14) von der Steuerungseinrichtung (16) angesteuert wird,
- eine Drehzahl der Antriebsmaschine (14) von der Steuerungseinrichtung (16) verarbeitet wird,
- bei einer angesteuerten Drehzahländerung der Antriebsmaschine (14) von einer Startdrehzahl (67a, 87a) auf eine Zieldrehzahl (68a, 69a, 88a, 89a) während einer Neutralstellung des Zahnräderwechselgetriebes (19) aktuelle Verlaufsparemeter der Drehzahländerung ermittelt werden und
- anschließend mit vorgespeicherten Verlaufsparemetern und aktuellen Verlaufsparemetern korrigierte Verlaufsparemeter bestimmt werden, mittels welchen in ausgesuchten Betriebszuständen ein Verlauf der Drehzahl der Antriebsmaschine (14) vorausberechnet wird,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß
die korrigierten Verlaufsparemeter in Abhängigkeit von der Startdrehzahl (67a, 87a) und/oder der Zieldrehzahl (68a, 69a, 88a, 89a) bestimmt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß
ein Verlaufsparemeter als ein Gradient der Drehzahländerung ausgeführt ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, daß
ein korrigierter Gradient (g_{korrr}) in Abhängigkeit von einer
Differenz zwischen der Startdrehzahl (67a, 87a) und der
Zieldrehzahl (68a, 69a, 88a, 89a) bestimmt wird.

4. Verfahren zum Betrieb eines Antriebsstrangs (10) eines
Kraftfahrzeugs, mit

- einer Antriebsmaschine (14),
- einem automatisierten Zahnradwechselgetriebe (19) und
- zumindest einer Steuerungseinrichtung (16),

wobei

- die Antriebsmaschine (14) von der Steuerungseinrichtung (16) angesteuert wird,
- eine Drehzahl der Antriebsmaschine (14) von der Steuerungseinrichtung (16) verarbeitet wird,
- bei einer angesteuerten Drehzahländerung der Antriebsmaschine (14) von einer Startdrehzahl (67a, 87a) auf eine Zieldrehzahl (68a, 69a, 88a, 89a) während einer Neutralstellung des Zahnradwechselgetriebes (19) ein aktueller Gradient (g_{akt}) der Drehzahländerung ermittelt wird und
- anschließend mit einem vorgespeicherten Gradientenwert (g_{speicher}) und dem aktuellen Gradienten (g_{akt}) ein korrigierter Gradient (g_{korrr}) bestimmt wird,

dadurch gekennzeichnet, daß

- eine aktuelle Reaktionszeit (T_{akt}) als Zeitdauer zwischen einem Ansteuerzeitpunkt (Zeitpunkt 66c) und einem Zeitpunkt (100c), bei welchem eine Änderung einer Zustandsgröße des Antriebsstrangs (10) einen einstellbaren Grenzwert (Drehzahlgrenze 101c) überschreitet, ermittelt wird,
- mit einer vorgespeicherten Reaktionszeit (T_{speicher}) und der aktuellen Reaktionszeit (T_{akt}) eine korrigierte Reaktionszeit (T_{korrr}) bestimmt wird und
- mittels dem korrigierten Gradient (g_{korrr}) und der korrigierten Reaktionszeit (T_{korrr}) in ausgesuchten

Betriebszuständen ein Verlauf der Drehzahl der Antriebsmaschine (14) vorausberechnet wird,

5. Verfahren nach Anspruch 4,

dadurch gekennzeichnet, daß der korrigierte Gradient (g_{korrr}) und/oder die korrigierte Reaktionszeit (T_{korrr}) in Abhängigkeit von der Startdrehzahl (67a, 87a) und/oder der Zieldrehzahl (68a, 69a, 88a, 89a) bestimmt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5,

dadurch gekennzeichnet, daß der korrigierte Gradient (g_{korrr}) und/oder die korrigierte Reaktionszeit (T_{korrr}) durch eine Mittelung der vorgeschichteten Werte (g_{speicher} , T_{speicher}) und der aktuellen Werte (g_{akt} , T_{akt}) bestimmt werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6,

dadurch gekennzeichnet, daß Abweichungen des aktuellen Gradienten (g_{akt}) und/oder der aktuellen Reaktionszeit (T_{akt}) von den vorgeschichteten Werten (g_{speicher} , T_{speicher}) bestimmt werden und, falls die Abweichungen einstellbare Grenzwerte überschreiten, für den korrigierten Gradienten (g_{korrr}) und/oder die korrigierte Reaktionszeit (T_{korrr}) die vorgeschichteten Werte (g_{speicher} , T_{speicher}) übernommen werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 7,

dadurch gekennzeichnet, daß der korrigierte Gradient (g_{korrr}) und/oder die korrigierte Reaktionszeit (T_{korrr}) gespeichert werden und bei der folgenden Bestimmung des korrigierten Gradienten (g_{korrr}) und/oder der korrigierten Reaktionszeit (T_{korrr}) als vorgeschichtete Werte (g_{speicher} , T_{speicher}) verwendet werden.

9. Verfahren nach Anspruch 6 und 8,

dadurch gekennzeichnet, daß ermittelt wird, wie oft der korrigierte Gradient (g_{korrr})

und/oder die korrigierte Reaktionszeit (T_{korrr}) bestimmt wurden und die Mittelungen von den ermittelten Werten abhängig sind.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Bestimmung des korrigierten Gradienten (g_{korrr}) und/oder der korrigierten Reaktionszeit (T_{korrr}) von Zustandsgrößen des Antriebsstrangs (10) abhängig ist.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 10,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Bestimmung des korrigierten Gradienten (g_{korrr}) und/oder der korrigierten Reaktionszeit (T_{korrr}) von angesteuerten Stellgrößen der Antriebsmaschine (14) abhängig ist.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Bestimmung des aktuellen Gradienten (g_{akt}) und/oder der aktuellen Reaktionszeit (T_{akt}) während einer Synchronisation bei einem Gangwechsel des Zahnradwechselgetriebes (19) durchgeführt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12,
dadurch gekennzeichnet, daß
eine Auswahl eines Zielgangs bei einem Gangwechsel des Zahnradwechselgetriebes (19) in Abhängigkeit von dem korrigierten Gradienten (g_{korrr}) und/oder der korrigierten Reaktionszeit (T_{korrr}) durchgeführt wird.

14. Verfahren zum Betrieb eines Antriebsstrangs eines Kraftfahrzeugs, mit

- einer Antriebsmaschine (14),
- einem automatisierten Zahnradwechselgetriebe (19) und
- zumindest einer Steuerungseinrichtung (16),

wobei

- die Antriebsmaschine (14) von der Steuerungseinrichtung (16) angesteuert wird,

- eine Drehzahl der Antriebsmaschine (14) von der Steuerungseinrichtung (16) verarbeitet wird,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß
bei einer Erstinbetriebnahme des Antriebsstrangs (10)
 - die Steuerungseinrichtung (16) die Antriebsmaschine (14) so ansteuert, daß sich Drehzahländerungen ergeben,
 - Verlaufsparemeter der Drehzahländerungen bestimmt und
 - die bestimmten Verlaufsparemeter abgespeichert werden.

15. Verfahren nach Anspruch 14,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß
die Verlaufsparemeter als

- eine Reaktionszeit im Sinne einer Zeitdauer zwischen einem Ansteuerzeitpunkt und einem Zeitpunkt, bei welchem eine Änderung einer Zustandsgröße der Antriebsmaschine (14) einen einstellbaren Grenzwert überschreitet, oder
- ein Gradienten der Drehzahländerungen
ausgeführt sind.

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß

- Drehzahländerungen der Antriebsmaschine (14) mehrfach angesteuert werden,
- Mittelungen der sich ergebenden Verlaufsparemeter durchgeführt und
- die Ergebnisse der Mittelungen abgespeichert werden.

17. Verfahren nach Anspruch 14, 15 oder 16,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß

die Bestimmung der Verlaufsparemeter von einer Start- und/oder Zieldrehzahl abhängig ist.

18. Verfahren nach Anspruch 14, 15 oder 16

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß

die Bestimmung der Verlaufsparemeter von Zustandsgrößen des Antriebsstrangs (10) abhängig ist.

19. Verfahren nach Anspruch 14, 15 oder 16,
dadurch gekennzeichnet, daß
die Bestimmung der Verlaufsparameter von angesteuerten
Stellgrößen der Antriebsmaschine (14) abhängig ist.

1/3

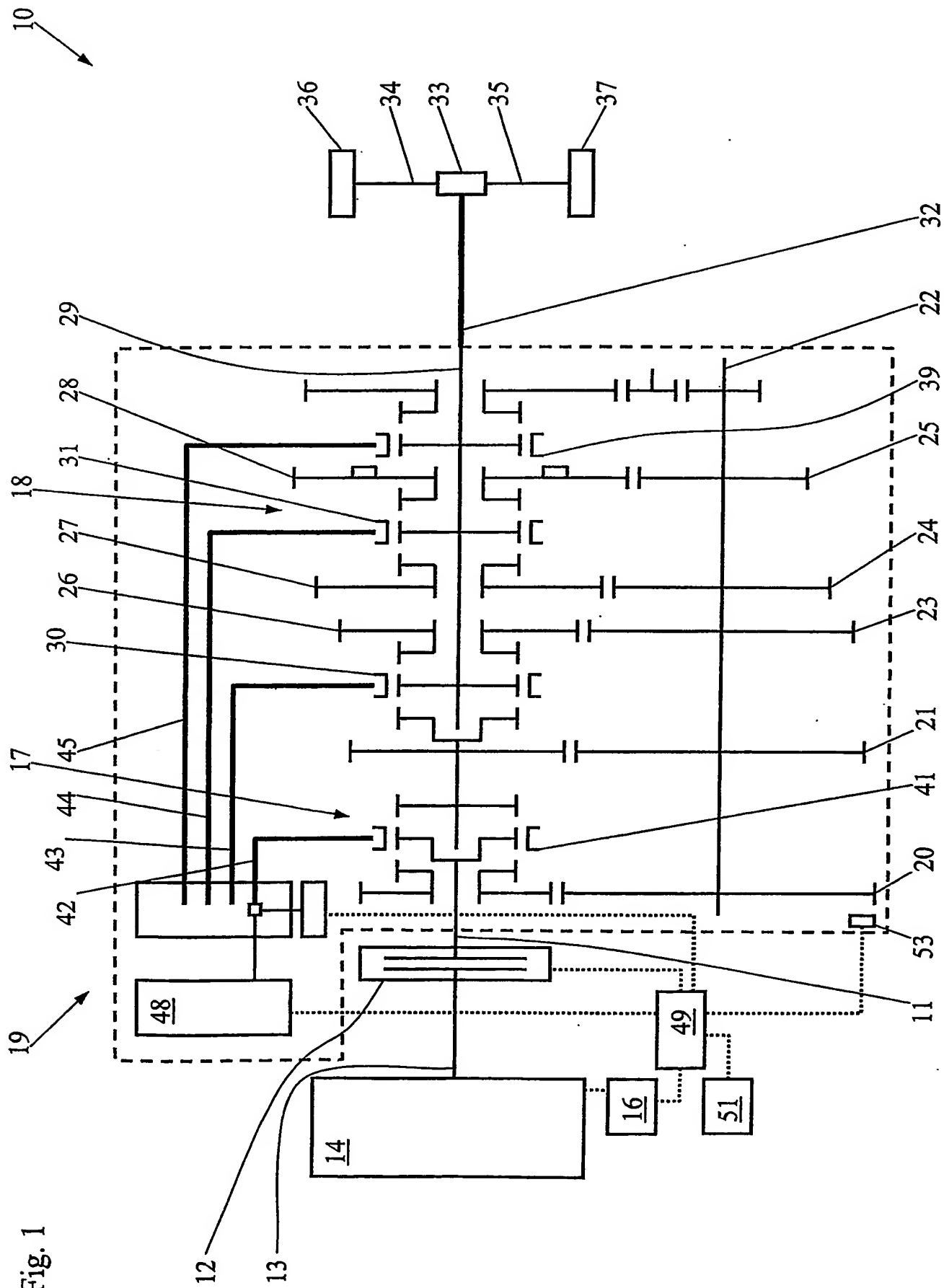


Fig. 1

2/3

Fig. 2a

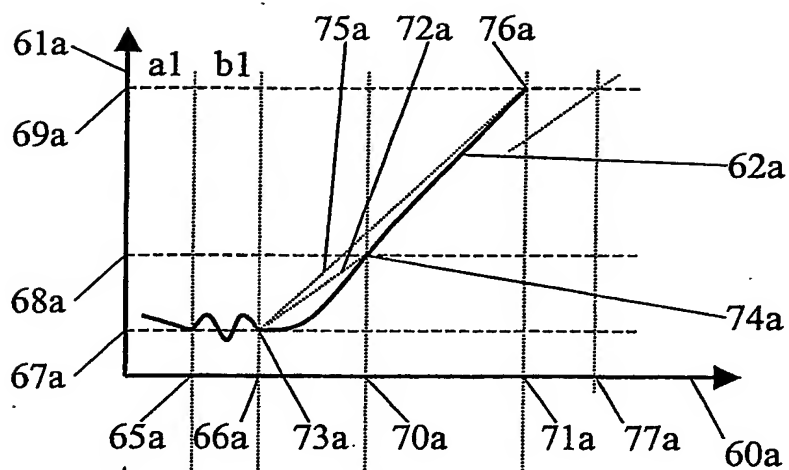


Fig. 2b



Fig. 2c

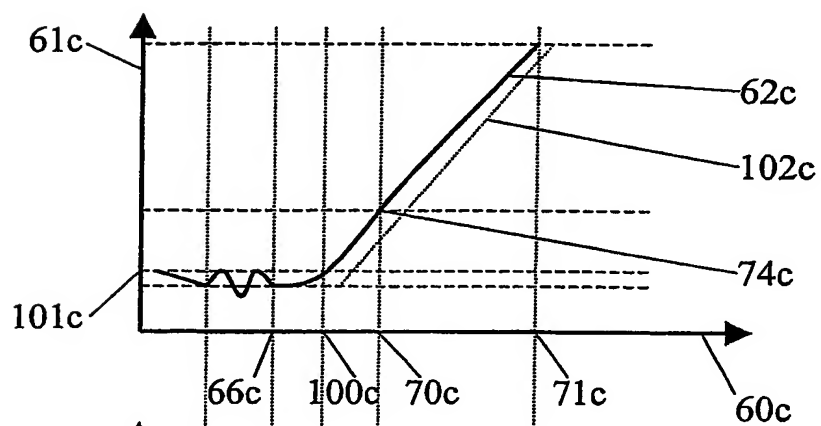


Fig. 2d

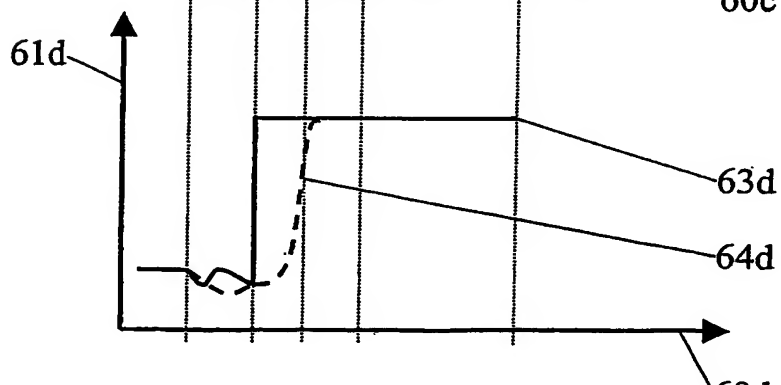


Fig. 3a

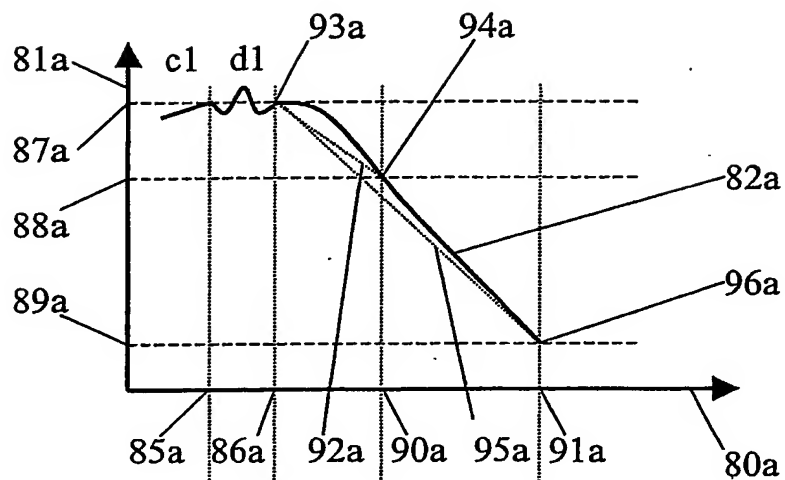


Fig. 3b

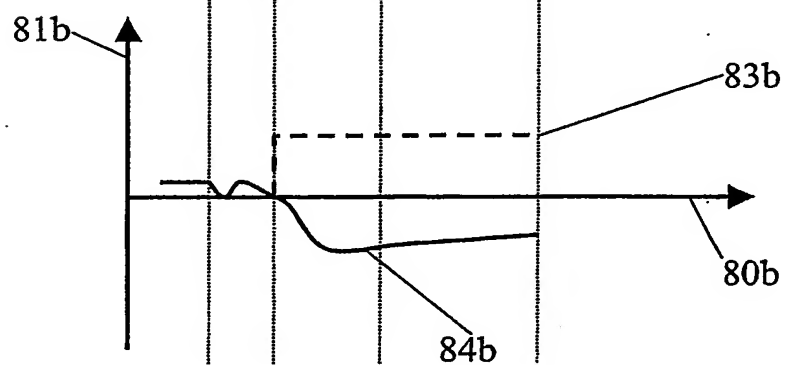


Fig. 4

